Received: Feb 15, 2021 **Revised:** Apr 20, 2021 **Accepted:** Apr 30 2021

การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอัจฉริยะด้วย IOT
SMART DEVICE CONTROL WITH IOT (SDC IOT)

ศุภวัฒน์ ลาวัณย์วิสุทธิ์[1] สิทธิชัย กัณฑะวงศ์[2] มีนา รัตนากร[2] ชัยวัฒน์ แพงพันธ์[2]
1สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
[2]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี
Supawat Lawanvisut[1] Sittichai Kantawong[2] Meena Rattanakorn[1] Chaiwat Peangpun[2]
[1]Information&Communication Engineering Thepsatri Rajabhat University
[2]Electrical Engineering Thonburi University
E-mail: s.lawanwisut@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สาย ที่นำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้งาน เข้ากับอุปกรณ์ทางไฟฟ้า เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าจากระยะไกลผ่านอินเทอร์เน็ต และสั่งการผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งมีการดำเนินการโดยใช้บอร์ด NodeMCU ESP8266 เป็นตัวกลางประมวลผลและเชื่อมต่อผ่านระบบอินเตอร์เน็ต ควบคุมการปิด-เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยรีเลย์ 4 ช่อง และทำการอ่านค่ากระแสด้วยไอซี ACS712 จำนวน 4 ตัว การแสดงผลการทำงานผ่านระบบเว็ปไซต์ และทำการเก็บข้อมูลการใช้งานกระแสไฟฟ้าลงบนระบบฐานข้อมูล และ ผลการดำเนินงาน พบว่าระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วย IOT ที่สร้างขึ้นมานี้ สามารถนำไปควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และ การทดสอบการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านระบบสมาร์ทมีผลการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่มีความผิดพลาดเฉลี่ยไม่เกิน 16 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: อุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สาย บอร์ดอาดุยโน่ ระบบอินเตอร์เน็ต

Abstract

This paper aims to study a control system for electrical equipment with wireless option which is apply a technology combine with electrical equipment to control though internet connection and command though web browser. The principle of this project was designed and build up using Arduino ESP8266 board to process and connect to the internet, control ON-OFF system by 4 channel relay board and measure current using 4 set of IC ACS 712. The display monitoring using web browser communication by IP address and record current data to database system. The results of this project found that, the electrical equipment control system using IOT can control ON-OFF with 100% capability and testing ON-OFF electrical equipment though IOT by measuring electrical equipment in the error less than 16%.

Keywords: Wireless Electrical Equipment, Arduino Board, Internet System

บทนำ

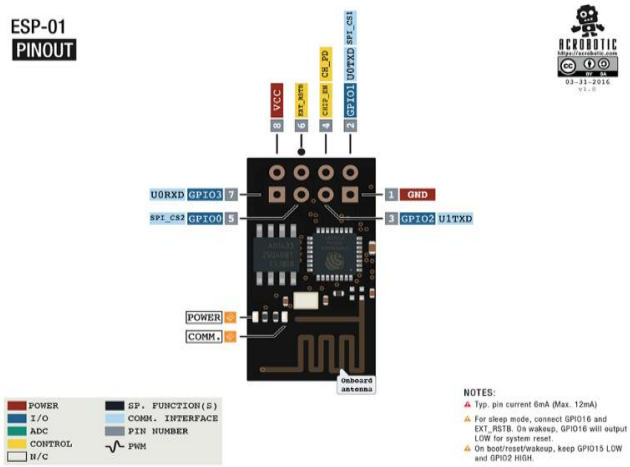
การนำเทคโนโลยีที่ใกล้ตัวนั้นก็คือสมาร์ทโฟน นำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ผ่านเทคโนโลยีที่เรียกว่าอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หรือไอโอที โดยงานวิจัยนี้ได้มีแนวทางในการสร้างระบบเพื่อทำการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้แบบทันเวลา (Real time) การโดยไม่อิงกับอินเทอร์เน็ตภายในบ้านเพียงเท่านั้น แต่จะเป็นการเชื่อมต่อเครือข่ายจากอินเทอร์เน็ตภายนอกเพื่อที่จะอำนวยความสะดวกในการใช้งานจากที่ใดก็ได้ เมื่อออกภายนอกหากต้องการตรวจสอบหรือควบคุมอุปกรณ์ภายจากระยะไกลก็สามารถใช้งานได้ โดยอุปกรณ์จะถูกสร้างโดยด้วยอุปกรณ์มาตรฐานและ

อ้างอิงการออกแบบที่สามารถใช้ได้ในงานทั่วไป ทั้งที่อยู่อาศัย สถานที่ทำงาน หรืออื่นๆ ตามความต้องการของผู้ใช้ โดยจะสร้างเป็นอุปกรณ์ 3 ชนิด ได้แก่ ปลั๊กไฟอัจฉริยะ ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถกำหนดการใช้งาน ควบคุมเวลาการเปิดปิดอัตโนมัติ เป็นต้น หลอดไฟอัจฉริยะ สามารถควบคุมการใช้งานได้ กำหนดการเปิดเมื่อถึงเวลาเช้า ปิดเมื่อถึงเวลากลางคืน หรือแม้แต่การที่มีการเคลื่อนไหวผ่านเพื่อเปิดการใช้งาน เป็นต้น และเซ็นเซอร์ตรวจจับควัน โดยจะช่วยในเรื่องของการตรวจจับควันไฟ เพื่อทำงานเฝ้าระวังเมื่อเกิดเหตุที่มีควันได้ โดยระบบทั้งหมดจะควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชั่น ที่รับส่งข้อมูลผ่านไปยังอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทางช่องทาง TCP เพื่อทำงานต่อไป โดยที่ระบบจะสามารถเพิ่มจำนวนอุปกรณ์ที่ควบคุมได้ รวมถึงสามารถแบ่งปันอุปกรณ์ให้กับผู้ที่ผู้ใช้ต้องการให้ควบคุมอุปกรณ์ได้อีกด้วย ดังนั้นผู้วิจัยได้คิดค้นออกแบบและพัฒนาการติดต่อสื่อสารและแสดงผลผ่านระบบสมาร์ทโฟน หรือ อุปกรณ์ที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต เพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าถึงและใช้งาน เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นกับทรัพย์สิน และลดเวลาจากการหลงลืมได้

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. บอร์ด Arduino (ESP8266)

ESP8266 คือบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความสามารถในการเชื่อมต่อกับเครือข่ายแบบไร้สาย ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.0-3.6V ทำงานใช้กระแสโดยเฉลี่ย 80mA รองรับคำสั่งในโหมดสำหรับการประหยัดพลังงาน ซึ่งใช้กระแสน้อยกว่า 10 ไมโครแอมป์ สามารถกลับมาทำงานแบบอัตโนมัติอีกครั้งโดยใช้เวลาในการส่งข้อมูลใช้เวลาน้อยกกว่า 2 มิลลิวินาที ภายในมีระบบการใช้พลังงานที่ต่ำจากระบบของ MCU 32bit ทำให้เราเขียนโปรแกรมสั่งงานได้ มีวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล ทำให้สามารถอ่านค่าจากแอนะล็อกได้ความละเอียดขนาด 10 bit ทำงานได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ -40 ถึง 125 องศาเซลเซียส เมื่อนำชิปESP8266 มาผลิตเป็นโมดูลหลายรุ่น ก็จะขึ้นต้นด้วย ESP866 แล้วตามด้วยรุ่น เช่น ESP-01 , ESP-03 , ESP-07 , ESP-12E ESP8266 ติดต่อกับเครือข่ายแบบไร้สายแบบอนุกรมทำให้สามารถสามารถเขียนโปรแกรมลงไปในชิป โดยใช้ Arduino IDE ได้ ทำให้การเขียนโปรแกรมและใช้งานเป็นเรื่องง่าย คล้ายกับการใช้ Arduino ทำให้สามารถติดต่ออุปกรณ์อื่น ๆ เซ็นเซอร์ ต่าง ๆ โดยใช้คำสั่งพื้นฐาน Arduino



ภาพที่ 1 ลักษณะภายนอกบอร์ด *NodeMCU ESP*8266 รุ่น *ESP*-01

2. โมดูลตรวจจับความเคลื่อนไหว *(HC-SR501)*

โมดูลตรวจจับความเคลื่อนไหว *HC-SR*501 เป็นโมดูลตรวจจับความเคลื่อนไหวแบบ *Pyroelectric Sensor* สามารถตรวจจับความเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตที่มีการแพร่รังสีอินฟราเรดออกจากร่างกาย โดยใช้การตรวจจับรังสีอินฟราเรดที่ผ่านตัวเซ็นเซอร์ สามารถเชื่อมต่อใช้งานกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ต่างๆ เช่น *Rasberry Pi, Arduino, ARM, MCS*-51, *AVR, PIC* โดยโมดูลมีลักษณะดังภาพที่ *2*

ภาพที่ 2 โมดูลตรวจจับการเคลื่อนไหว HC-HR501

3. โมดูลตรวจจับควันและแก๊ส

MQ-2 เป็นเซนเซอร์ตรวจจับควันและแก๊ส มีเอาท์พุทให้เลือกใช้งานทั้งแบบแอนะล็อคและดิจิทัลโดยมีจุดเชื่อมต่อที่สามารถวัดค่าและแสดงผล เป็นตัวกำหนดจุดทำงานในการอ่านค่าเซนเซอร์แบบดิจิทัลโมดูลใช้แหล่งจ่ายไฟ 5V เป็นไฟเลี้ยง

ภาพที่ 3 เซ็นเซอร์ตรวจจับควันและแก๊ส MQ-2

4. เซ็นเซอร์วัดกระแส

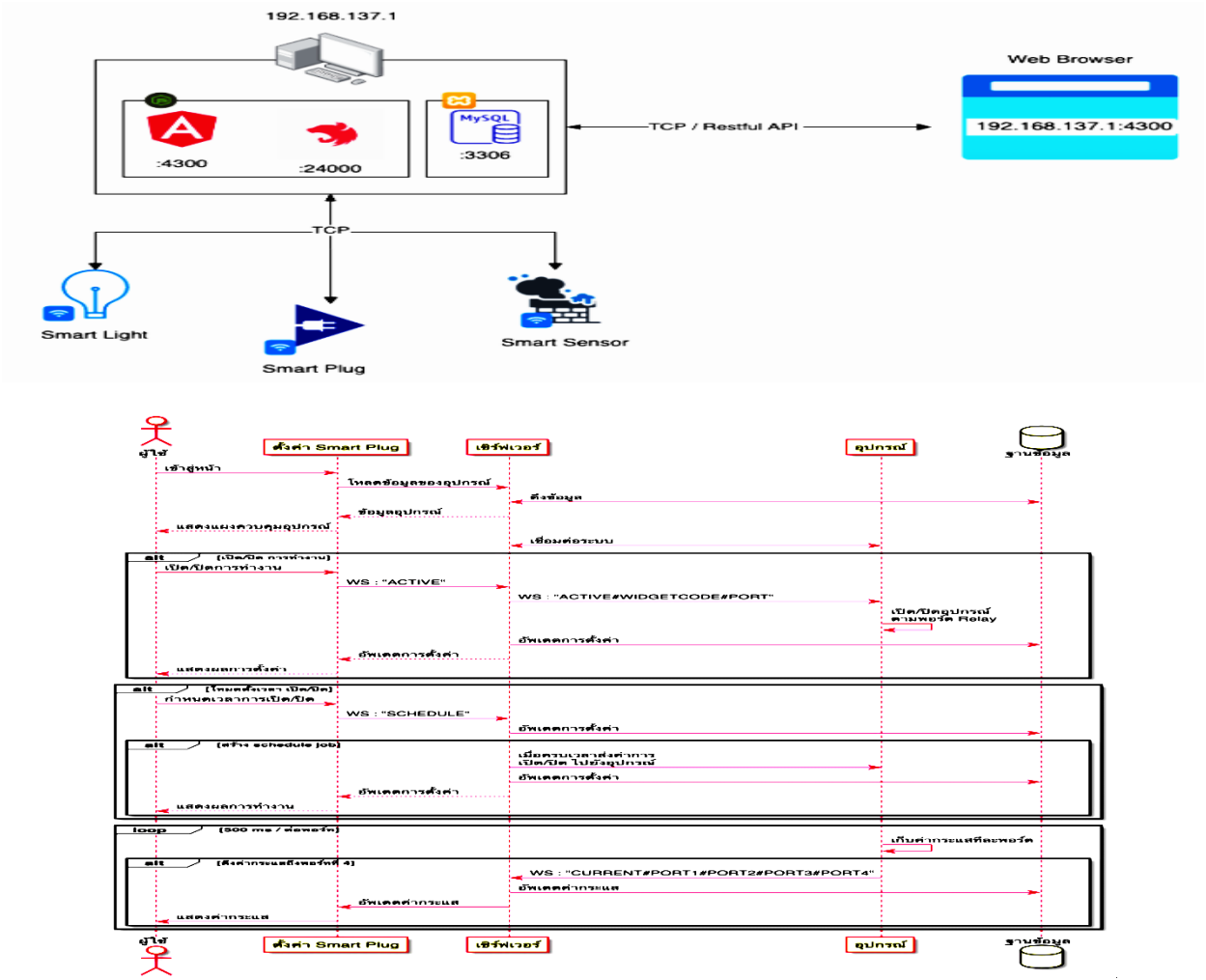
เซ็นเซอร์ ACS712 เป็นเซ็นเซอร์ที่มีวงจร Hall Effect เอาต์พุตแบบเชิงเส้น มีวงจรเหนี่ยวนำไฟฟ้าทองแดงตั้งอยู่รอบๆ พื้นผิวของตัวชิป ACS712 เมื่อกระแสไฟสลับหรือไฟกระแสตรงผ่านเส้นทองแดงจะเกิดการสร้างสนามแม่เหล็กสนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้ทำปฏิกิริยากับเซ็นเซอร์ Hall Effect เปลี่ยนแปลงพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าให้เป็นแรงดันตามสัดส่วนของกระแสไฟฟ้าได้ทั้งไฟฟ้ากระแสสลับหรือไฟฟ้ากระแสตรงขึ้นอยู่กับชนิดของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนกับตัวเซ็นเซอร์

ภาพที่ 4 โมดูล ACS712

ระเบียบการวิจัย

ระบบที่นำเสนอมีขั้นตอนการออกแบบและการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองระบบควบคุมอุปกรณ์ SDC IOT โดยแสดงถึงโครงสร้างของตัวระบบจะประกอบไปด้วย Angular 7 ที่ต่ออยู่ที่พอร์ท :4300 สำหรับแสดงผลในส่วนของหน้าเว็บ SDC IOT NestJS ที่ต่ออยู่ที่พอร์ท :24000 สำหรับเป็นตัวประมวลผลหรือเป็นตัวกลางในการสื่อสารของระบบของ SDC IOT MySQL ที่ต่ออยู่ที่พอร์ท :3306 สำหรับเป็นตัวเก็บข้อมูลของผู้ใช้งาน ข้อมูลกลุ่มของผู้ใช้ ข้อมูลอุปกรณ์ ข้อมูลอุปกรณ์ที่ได้รับการแชร์ และข้อมูลของกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการวัดค่าของแต่ละช่องจ่ายไฟของอุปกรณ์ Smart Plug จากนั้นแผงควบคุมในส่วนของไดอะแกรมจะทำหน้าที่สำหรับการส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์และทำการดึงข้อมูลจากกลุ่มของฐานข้อมูล จากนั้นเซิร์ฟเวอร์จะส่งรายชื่อกลุ่มไปยังส่วนของแผงควบคุมเพื่อแสดงผล ดังนั้นเมื่อผู้ใช้ทำการโหลดข้อมูลกลุ่มผ่านระบบ (Group ID) หน้าต่างที่แผงควบคุมทำการส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์หลักและทำการดึงข้อมูลจาก Group ID จากฐานข้อมูล และจะทำการส่งรายชื่ออุปกรณ์ที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลไปยังหน้าต่างแผงควบคุมเพื่อแสดงผลข้อมูลกลุ่ม ดังภาพที่ 5



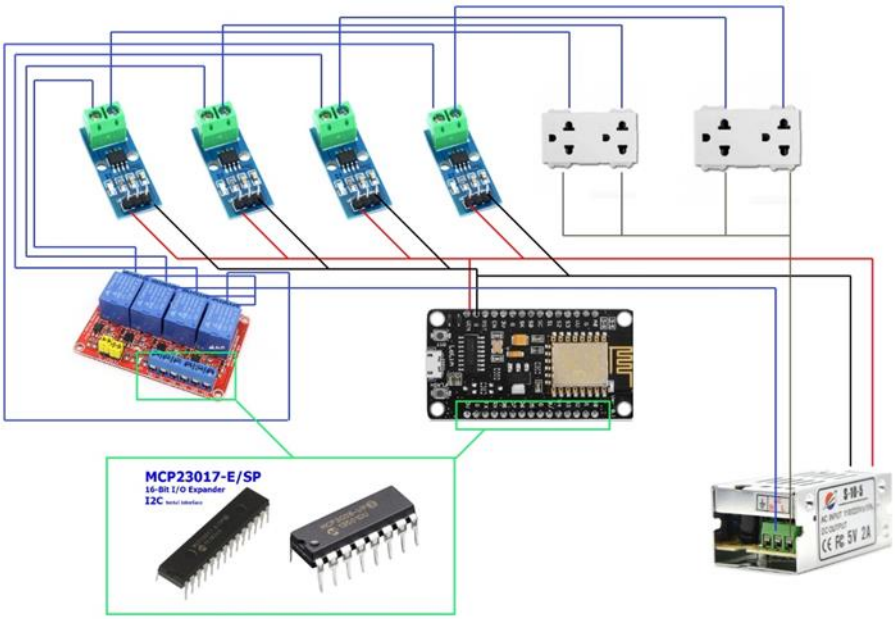
ภาพที่ 5 โครงสร้างโดยรวมของระบบและผังลำดับการทำงานของระบบ

2. การออกแบบอุปกรณ์เชื่อมต่อกับระบบฮาร์ดแวร์

Smart Plug ใช้หลักการทำงานเซ็นเซอร์ ACS712 ประกอบด้วยวงจร Hall Effect เอาต์พุตแบบเชิงเส้น มีวงจรเหนี่ยวนำไฟฟ้าทองแดงตั้งอยู่รอบๆ พื้นผิวของตัวชิป ACS712 เมื่อกระแส AC หรือ DC ผ่านเส้นทองแดงจะเกิดการสร้าง

สนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้ทำปฏิกิริยากับเซ็นเซอร์ Hall Effect แปลงแม่เหล็กไฟฟ้านี้ เป็นแรงดันตามสัดส่วนของกระแสไฟฟ้าได้ทั้ง AC หรือ DC ขึ้นอยู่กับชนิดของกระแสไฟฟ้าอินพุต เราสามารถใช้บอร์ด Arduino หรือไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นอื่นๆ วัดค่าแรงดันนี้ได้โดยตรง เพื่อแปลงค่ากลับมาเป็นกระแสไฟฟ้า หลังจากนั้นจะส่งค่าไปให้กับ Arduino ESP8266 เพื่อส่งค่ากระแสไฟฟ้าไปยัง Database เพื่อใช้ในการแสดงค่าบน Web Browser ซึ่งสามารถตั้งค่าเปิด – ปิดตัวอุปกรณ์ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน การต่ออุปกรณ์ Smart Plug ซึ่งทำหน้าที่รอรับคำสั่งปิด/เปิดการทำงานของแต่ละช่องจ่ายไฟจากเซิร์ฟเวอร์รวมถึงอ่านค่ากระแสของแต่ละช่องและส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ ดังภาพที่ 6 อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย

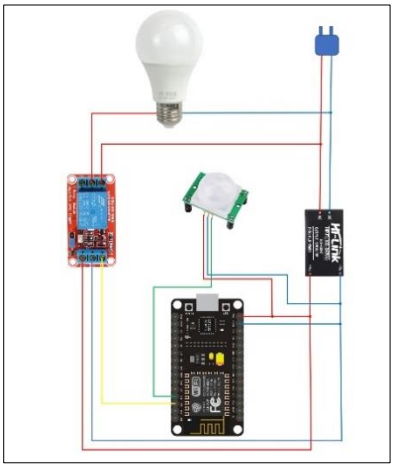
- ESP8266 ใช้เป็นตัวกลางในการรับค่ารวมถึงสั่งการอุปกรณ์
- Relay 4 Channel ใช้ในการเปิด/ปิดการทำงานของแต่ละช่องจ่ายไฟ
- ACS712 4 ตัว ใช้ในการวัดค่ากระแสของแต่ละช่องจ่ายไฟ
- MCP3008 ใช้เป็นตัวขยาย Channel Analog
- MCP23017 ใช้เป็นตัวขยาย I/O ให้กับ ESP8266
- Switching 5 V. 2 A. ใช้สำหรับเป็นไฟเลี้ยงให้กับบอร์ด ESP8266
- เต้ารับ 4 ช่อง



ภาพที่ 6 แบบจำลองอุปกรณ์ Smart Plug

Smart Light ใช้หลักการทำงานของ Motion Sensor Detector Module HC-SR501 ตรวจจับความเคลื่อนไหวจากความร้อน หลังจากนั้นจะส่งค่าไปให้กับ Arduino ESP8266 เพื่อสั่งให้ Relay ที่ต่อกับหลอดไฟทำงานตามเงื่อนไข และยังมีการทำงานอีกรูปแบบ นั่นคือการสั่งงานผ่านหน้าเว็บแอปพลิเคชั่น โดยมีตัว Database เป็นตัวเก็บค่าของอุปกรณ์ และส่งค่าอุปกรณ์ ให้กับบอร์ด ESP8266 ซึ่งสามารถตั้งค่าเปิด – ปิดตัวอุปกรณ์ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน ดังภาพที่ 7 อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย

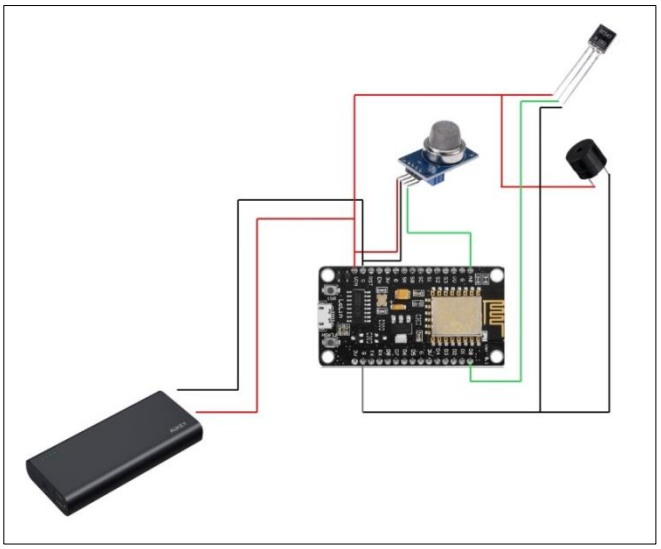
- ESP8266 ใช้เป็นตัวกลางในการรับค่ารวมถึงสั่งการอุปกรณ์
- Relay ใช้ในการเปิด/ปิดการทำงานของหลอดไฟ
- HCSR501ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว
- High Link ใช้สำหรับเป็นไฟเลี้ยงให้กับบอร์ด ESP8266
- หลอดไฟ 4 W



ภาพที่ 7 แบบจำลองอุปกรณ์ Smart Light

Smart Sensor ใช้หลักการทำงานของ MQ-2 (เซ็นเซอร์ตรวจจับแก๊ส) เป็น Sensor ตรวจสอบปริมาณ ก๊าซไวไฟและควัน เช่น LPG, I - Butane, Propane, Methane, Alcohol, Hydrogen, Smokeในอากาศ ซึ่งเมื่อเราเริ่มจ่ายพลังงานให้ MQ-2 ทำให้ เกิดความร้อนขึ้นที่ขดลวด เมื่อก๊าซไวไฟต่างๆ เข้ามาทำปฏิกิริยาจะทำให้ ค่าความต้านทานที่เกิดขึ้น ลดลง หลังจากนั้นจะส่งค่าไปให้กับ Arduino ESP8266 ให้ทำงานตามเงื่อนไข และยังมีการทำงานอีกรูปแบบ นั่นคือ การสั่งงานเปิด - ปิด ผ่านหน้าเว็บแอปพลิเคชั่น โดยมีตัว Database เป็นตัวเก็บค่าของอุปกรณ์ที่รับมาจากบอร์ด ESP8266 ที่ต่ออยู่กับ MQ-2 (เซ็นเซอร์ตรวจจับควันซึ่งสามารถตั้งค่าเปิด – ปิดตัวอุปกรณ์ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน) ดังภาพที่ 8 อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย

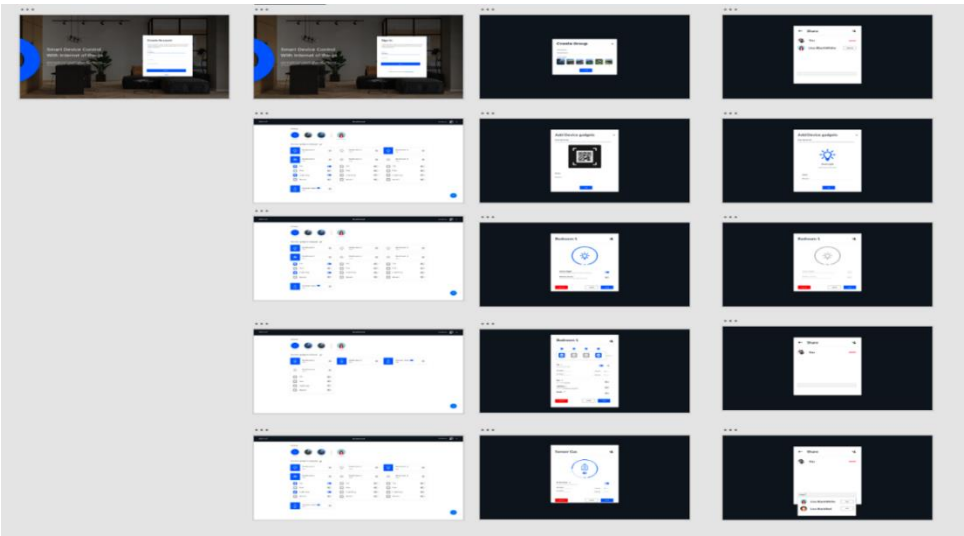
- ESP8266 ใช้เป็นตัวกลางในการรับค่ารวมถึงสั่งการอุปกรณ์
- MQ-2 ใช้ในการตรวจจับปริมาณควัน
- Transistor BD547 (NPN) ใช้เป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์
- Buzzer 5 V. ใช้ในการแจ้งเตือนเมื่อปริมาณควันถึงค่าที่กำหนด
- Power Bank ใช้สำหรับเป็นไฟเลี้ยงให้กับบอร์ด ESP8266



ภาพที่ 8 แบบจำลองอุปกรณ์ Smart Sensor

4. การทดสอบระบบและผลการทดสอบระบบ

การทดสอบพัฒนาระบบการควบคุมอุปกรณ์ไร้สาย โดยอาศัยบอร์ด Arduino ESP8266 เป็นตัวกลางในการรับ-ส่งข้อมูล(อินพุท และ เอาท์พุท) ซึ่งมี Web Browser ทำหน้าที่ในการสั่งการทำงานและแสดงผลของอุปกรณ์



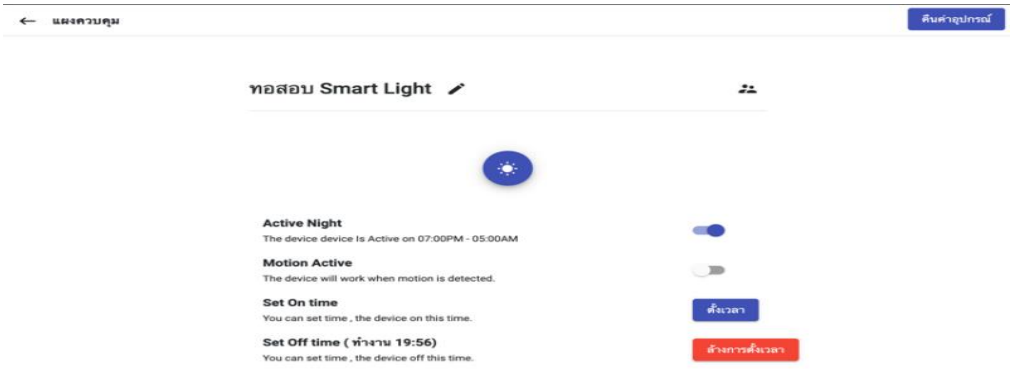
ภาพที่ 9 ทดสอบการออกแบบเว็บไซต์

การทดสอบการทำงานของระบบการควบอุปกรณ์อัจฉริยะด้วยอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ทั้งรูปแบบของการเชื่อมต่อเข้ากับระบบเว็บแอปพลิเคชั่น และอุปกรณ์ Smart Light , Smart Plug และ Smart Sensor ได้ผลการทดลองดังตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการเปิดปิดอุปกรณ์จำนวนครั้งในการตั้งเวลา 10 วินาทีให้อุปกรณ์เปิด 40 วินาทีให้อุปกรณ์ปิด เพื่อจำลองการทดสอบเปิดการทำงานเวลา 6 โมงเย็น และปิดการทำงาน 7 โมงเช้า

Smart Light				
ครั้งที่	ตั้งเวลาเปิดอุปกรณ์	ตั้งเวลาปิดอุปกรณ์	อุปกรณ์ทำงานได้	อุปกรณ์ทำงานไม่ได้
1	10 วินาที	40 วินาที	✓	
2	10 วินาที	40 วินาที	✓	
3	10 วินาที	40 วินาที	✓	
4	10 วินาที	40 วินาที	✓	
5	10 วินาที	40 วินาที	✓	
6	10 วินาที	40 วินาที	✓	
7	10 วินาที	40 วินาที	✓	
8	10 วินาที	40 วินาที	✓	
9	10 วินาที	40 วินาที	✓	
10	10 วินาที	40 วินาที	✓	

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบการตั้งเวลาการ เปิด/ ปิด ด้วยเว็บแอปพลิเคชั่น โดยใช้วิธีการตั้งเวลา เปิดในช่วงวินาทีที่ 10 และ ปิดในช่วงวินาทีที่ 40 จำนวนการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง ผลจากการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามเวลา เปิด/ปิด ที่ตั้งเอาไว้ทั้ง 10 ครั้ง โดยไม่เกิดข้อผิดพลาดใด ๆ

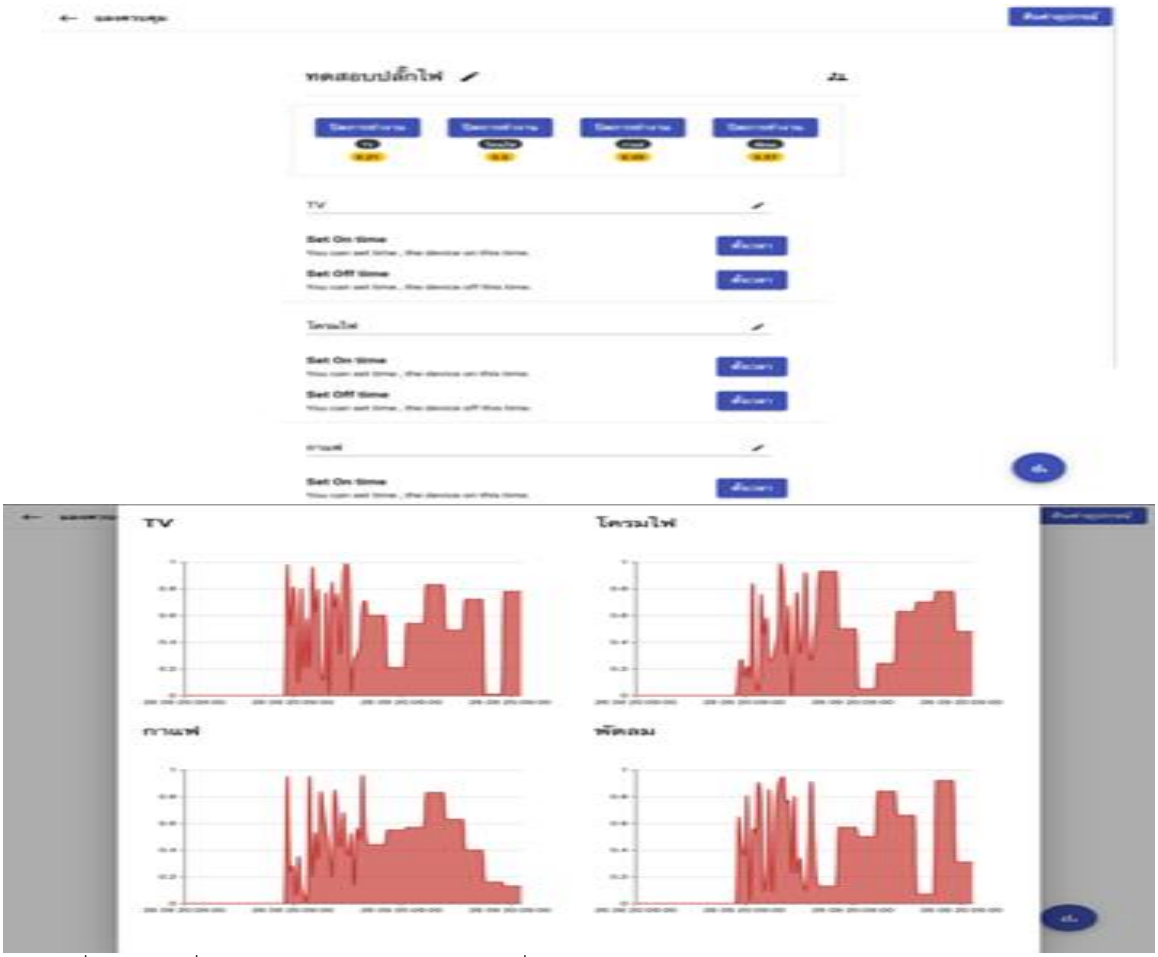


ภาพที่ 10 การเชื่อมต่อเข้ากับระบบเว็บแอปพลิเคชั่น และอุปกรณ์ Smart Light

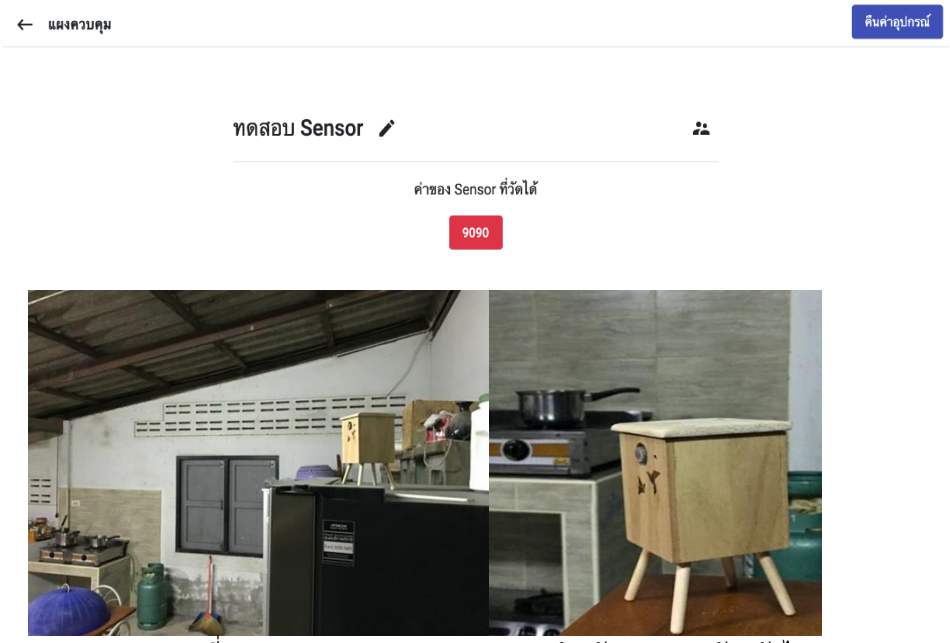
ตารางที่ 2 ผลการเปิด-ปิดการทำงานแต่ละช่องของอุปกรณ์บนเว็บแอปพลิเคชั่น

Smart Plug								
ครั้งที่	ปิด-เปิดอุปกรณ์ ช่องที่1		ปิด-เปิดอุปกรณ์ ช่องที่2		ปิด-เปิดอุปกรณ์ ช่องที่3		ปิด-เปิดอุปกรณ์ ช่องที่4	
	ทำงาน	ไม่ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน
1	✓		✓		✓		✓	
2	✓		✓		✓		✓	
3	✓		✓		✓		✓	
4	✓		✓		✓		✓	
5	✓		✓		✓		✓	

จากตารางที่ 2 จากการทดสอบความแม่นยำสำหรับการ ปิด-เปิด การทำงานของปลั๊กแต่ละช่องทั้งหมด 4 ช่องโดยการสั่งงานผ่านเว็บแอปพลิเคชั่นสั่งปิด-เปิดการทำงานทีละช่องจำนวน ช่องละ 5 ครั้งพบว่าการสั่งงานแต่ละช่องอุปกรณ์บนเว็บแอปพลิเคชั่นสามารถเปิด-ปิดการทำงานได้



ภาพที่ 11 การเชื่อมต่อเข้ากับระบบเว็บแอปพลิเคชั่น และอุปกรณ์ Smart Plug สำหรับการเปิด ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า ติดตั้ง Smart Sensor และการทดสอบ



ภาพที่ 12 การทดสอบ Smart Sensor สำหรับการตรวจจับควันไฟ

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการตั้งเวลา เปิด-ปิด บนเว็บแอปพลิเคชั่น

Smart Plug								
ครั้งที่	ปิด-เปิดอุปกรณ์ช่องที่1		ปิด-เปิดอุปกรณ์ช่องที่2		ปิด-เปิดอุปกรณ์ช่องที่3		ปิด-เปิดอุปกรณ์ช่องที่4	
	เปิดได้	ปิดได้	เปิดได้	ปิดได้	เปิดได้	ปิดได้	เปิดได้	ปิดได้
1	09:00	09:05	09:01	09:06	09:02	09:07	09:03	09:08
2	09:10	09:15	09:11	09:16	09:12	09:17	09:13	09:18
3	09:20	09:25	09:21	09:26	09:22	09:27	09:23	09:28
4	09:30	09:35	09:31	09:36	09:32	09:37	09:33	09:38

จากการทดสอบการตั้งเวลาให้อุปกรณ์ปิด-เปิดการทำงานในช่วงระยะเวลา 5 นาทีจำนวน 4 ครั้ง เพื่อทดสอบว่าอุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามที่กำหนดหรือไม่ ผลที่ออกมาครั้งแรกตั้งเวลาไว้ที่ช่องอุปกรณ์ที่ 1 โดยกำหนดช่วงเวลาเปิดที่ 09:00 น. และปิดในช่วงเวลา 09:05 น. ผลที่ออกมาอุปกรณ์สามารถเปิดและปิดเองได้ตามที่ตั้งเวลาเอาไว้ จากนั้นทำการทดลองในแบบเดียวกันทุกๆ ช่องของอุปกรณ์ ผลที่ออกมาเป็นไปตามที่ได้ตั้งเวลาเอาไว้ทั้งหมด

ตารางที่ 4 ผลการวัดกระแสจากโมดูลอ่านค่ากระแสเปรียบเทียบกับมัลติมิเตอร์

Smart Plug			
โหลด	ค่ากระแสที่อ่านจากโมดูลอ่านค่ากระแส	ค่ากระแสจากการใช้มัลติมิเตอร์วัด	ค่าความคลาดเคลื่อน (ค่ามัลติมิเตอร์-ค่าโมดูล)/ค่ามัลติมิเตอร์x100%
พัดลมขนาด 78 W	0.35	0.30	16%
หลอดไฟขนาด 40W	0.44	0.48	8.33%
เตารีดขนาด 1325W	6.02	5.4	11.48%
กระติกน้ำร้อนขนาด 750W	4.1	4.5	8.89%

จากตารางที่ 4 จากการทดสอบการอ่านค่ากระแสโดยใช้โมดูล ACS712 เพื่อเปรียบเทียบกับมัลติมิเตอร์ พบว่าการอ่านค่ากระแสจากการใช้โมดูลอ่านค่ากระแส และ มัลติมิเตอร์ มีค่าความผิดพลาดจากการวัดโดยถ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้ง 4 ชนิด มีค่าความผิดพลาดเมื่อเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานน้อยกว่า 18 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5 ผลการตรวจจับควันที่เกิดจากวัสดุต่างชนิดโดยกำหนด เวลา 5 นาทีในการตรวจจับระยะที่ต่างกันในที่กลางแจ้ง

Smart Sensor									
ระยะทาง	วัสดุ								
	กระดาษ			พลาสติก			ไม้		
	ตรวจจับได้	ตรวจจับไม่ได้	เวลาที่ใช้	ตรวจจับได้	ตรวจจับไม่ได้	เวลาที่ใช้	ตรวจจับได้	ตรวจจับไม่ได้	เวลาที่ใช้
20 ซม.	✓		0.59	✓		0.43	✓		0.52
40 ซม.	✓		1.47	✓		1.23	✓		1.17
60 ซม.	✓		1.59	✓		1.47	✓		1.44
80 ซม.		✓	-	✓		2.31	✓		1.57
100 ซม.		✓	-		✓	-		✓	-

จากตารางที่ 5 จากการทดสอบติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับควันโดยการตรวจจับควันในระยะห่างที่กำหนดในช่วงเวลา 5 นาที พบว่าเซ็นเซอร์จะตรวจจับควันที่เกิดจาก พลาสติกและไม้ได้ดีกว่ากระดาษ โดยการตรวจจับได้ดีหรือไม่ดีขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ พื้นที่โล่งหรือ พื้นที่ปิด ปริมาณของเชื้อเพลิง และ ระยะการติดตั้งของอุปกรณ์

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการดำเนินการออกแบบได้ดำเนินการศึกษาและคำนวณอุปกรณ์ต่าง ๆที่ใช้พัฒนา Web browser เพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ Smart Light Smart Plug และ Smart Sensor โดยใช้ อินเตอร์เน็ต เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อในการควบคุมอุปกรณ์ ผลคือ จะต้องใช้ Angular NestJS Xampp MySQL Visual Studio Arduino (รุ่นNode MCU ESP8266) 3 ตัว Power bank 1 ตัว Current sensor module (รุ่น ACS712) 4 ตัว เต้ารับ 4 ตัว Switch (ชนิด Push Button) 4 ตัว Power Supply (ขนาด 5V 2A) 1 ตัว Relay (ชนิด 4 ตัว ต่อ โมดูล) 1 ตัว Relay (ชนิด 1 ตัวต่อ1 โมดูล) 1 ตัว Smoke Sensor (MQ-5) 1 ตัว Motion detector module (HC-SR501) 1 ตัว หลอดไฟ 1 หลอด ไม้ขนาด 0.2m.*1m. 3 แผ่น

2. สรุปผลการทดลองระบบควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านเว็บเบราว์เซอร์โดยการกด เปิด-ปิด ตั้งเวลาการทำงาน แจ้งเตือน และการแสดงค่ากระแส การทำงานของ เว็บเบราว์เซอร์ทำงานได้อย่างถูกต้อง 100% และค่าการวัดพลังงานจากการใช้งานของ smart plug มีค่าผิดพลาดจากการวัดเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานน้อยกว่า 18 เปอร์เซ็นต์

เอกสารอ้างอิง

[1] Poundxi. (2561). NodeMCU คืออะไร. สืบค้นจาก https://poundxi.com/nodemcu-คืออะไร.

[2] Relay. (2559). แนะนำอุปกรอิเล็กทรอนิกส์. สืบค้นจาก https://web.facebook.com/1548626085441848/posts/1555625911408532/?_rdc=1&_rdr.

[3] Mltelectronic. (2561). โมดูลตรวจจับความเคลื่อนไหว HC-SR501 (PIR Motion Sensor Module). สืบค้นจาก http://www.mltelectronic.com/โมดูลตรวจจับความเคลื่อนไหว-HC-SR501-(PIR-Motion-Sensor-Module).

[4] Myarduino. (2562). สอนใช้งาน Arduino เซ็นเซอร์ตรวจจับควัน MQ2 LPG CO Smoke Gas Sensor. สืบค้นจาก https://www.myarduino.net/article/196/สอนใช้งาน-arduino-เซ็นเซอร์ตรวจจับควัน-mq2-lpg-co-smoke-gas-sensor.

[5] กิตินันท์ บุญหยาด ณัฐสิทธิ ชัยสงครามและปัญญสัณห์ อานนท์เสถียร. (2562). “การวัดค่าพลังงานระบบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อควบคุมโหลดผ่านคลื่นวิทยุ.”ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี.

[6] โรงเรียนกันทรารมณ์. (2558). เต้ารับและเต้าเสียบ. สืบค้นจาก http://www.kr.ac.th/el/02/det/04.html.

[7] Commandronestore. (2561) Jumper Wire ตามขนาดและความยาว. สืบค้นจากhttps://commandronestore.com/products/bb0101.php.

[8] Pdcable. (2561). สายไฟ คืออะไร. สืบค้นจาก https://www.pdcable.com//บทความ/สายไฟ-คืออะไร.

[9] Psptech. (2558). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสวิตช์. สืบค้นจาก http://www.psptech.co.th/ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสวิตช์-20290.page.

[10] Allnewstep. (2561). MCP3008 8-Channel 10-Bit ADC With SPI Interface. สืบค้นจาก https://www.allnewstep.com/product/984/mcp3008-8-channel-10-bit-adc-with-spi-interface.

[11] Arduitronics. (2554). IC ขยายขา 16 ขา I/O สำหรับ Arduino เบอร์ MCP23017. สืบค้นจาก https://www.arduitronics.com/product/2383/ic-ขยายขา-16-ขา-i-o-สำหรับ-arduino-เบอร์-mcp23017.

[12] Kritsada L. (2563). ทำความรู้จัก Nest JS และวิธีการใช้. สืบค้นจาก https://medium.com/@kritsada.l/ทำความรู้จัก-nest-js-และวิธีการใช้-6a498bef8b01.

[13] Atthaporn Thanongkiatisak. (2561). มีอะไรใหม่ใน Angular 7 บ้าง. สืบค้นจาก https://medium.com/builk/มีอะไรใหม่ใน-angular-7-บ้าง-8ff31929a16.

[14] Toppiiz spiiz. (2561). ระบบฐานข้อมูล (Database System) คือ ระบบที่รวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกันเข้าไว้ด้วยกันอย่างมีระบบ. สืบค้นจาก http://www.glurgeek.com/ education/ระบบฐานข้อมูล-database-system-คือ-ระบบ.

[15] Saixiii. (2560). MySQL คืออะไร? และไว้ทำอะไร?. สืบค้นจาก https://saixiii.com/what-is-mysql.

[16] Phuri Chalermkiatsakul. (2562). NoSQL คืออะไร? ต่างจาก RDBMS หรือ SQL Database อย่างไร?. สืบค้นจาก https://phuri.medium.com/nosql-คืออะไร-ต่างจาก-rdbms-หรือ-sql-database-อย่างไร-dd8ac91a4197.

[17] Dccloud. (2560). รู้จักเทคโนโลยี Cloud Computing. สืบค้นจากhttp://dccloud.csloxinfo.com/th/wecloud01.

[18] Mindphp. (2560). wireless และ wireless LAN หรือ wireless local area network คืออะไร. สืบค้นจาก https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2023-wireless-คืออะไร.html.

[19] Elearningsurasak. (2556). เว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server). สืบค้นจาก https://elearningsurasakblog.wordpress.com/เว็บเซิร์ฟเวอร์-web-server.

[20] Sites. (2558). เว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser). สืบค้นจากhttps://sites.google.com/site/atitaya0077/home/web-be-raw-sexr-web-browser.

[21] Mdsoft. (2561). ทำความรู้จักกับ Web Application (เว็บแอปพลิเคชั่น). สืบค้นจาก https://mdsoft.co.th/ความรู้/359-web-application.html.

[22] Super User. (2561). Internet of Things Internet of Things. สืบค้นจาก https://sites.google.com /site/bc564gm592/khxmul---internet-of-thing-laea-samarth-na-ma-chi-kab-ngan-e-commerce.